

DAS PLASMAVOLUMEN BEI HYPERTONIKERN

Robert Neugirg

1967

AUS DER MEDIZINISCHEN POLIKLINIK DER UNIVERSITÄT
MÜNCHEN

Direktor: Professor Dr. Walter Seitz

DAS PLASMAVOLUMEN BEI HYPERTONIKERN

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin

verfaßt

und einer Hohen Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt

von

ROBERT NEUGIRG
aus Rimsting/Chiemsee

München 1967

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter:	Professor Dr.H.NOWY
Mitberichterstatter:	Professor.Dr.W.SEITZ
Dekan:	Professor Dr.M.KIESE

Tag der mündlichen Prüfung: 7.3.1967



Meinen Eltern

GLIEDERUNG

EINLEITUNG.....	Seite	1 - 3
EIGENE UNTERSUCHUNGEN MIT DER FARBSTOFFMETHODE.....	Seite	4 - 8
ERGEBNISSE.....	Seite	9 - 40
DISKUSSION.....	Seite	41 - 49
ZUSAMMENFASSUNG.....	Seite	50 - 52
LITERATUR.....	Seite	53 - 60

E I N L E I T U N G

Seitdem die Blutvolumen-Regulation als eine der wichtigsten Körperkonstanten erkannt worden ist, gewinnen die Bestimmungen des Plasma - und Blutvolumens zur quantitativen Beurteilung der Blutbestandteile immer größere praktische Bedeutung. So weisen z.B. GUTH und ZORN (22) auf die Notwendigkeit dieser Bestimmungen hin, um dem intra- und postoperativen Volumenmangelkollaps vorzubeugen.

Die Bestimmung des Plasmavolumens befähigt zur Schätzung der normalen Kondition. Außerdem gibt sie Auskunft über das Maß der Kompensation des Erythrozytendefizits und über das Ausmaß der Dehydratation. Ein Abweichen des Erythrozytenvolumens von der Norm kompensiert der Kreislauf durch Änderung des Plasmavolumens. Man kann das Plasmavolumens als eine Art Puffer betrachten mit der Aufgabe das Blutvolumen auf ungefähr konstanter Höhe zu halten. Es ist also von erheblicher diagnostischer Bedeutung die Größe des Plasmavolumens zu kennen.

Die Methoden zur Bestimmung des Plasmavolumens sind indirekt. Die direkte Methode spielt nur eine begrenzte, aber bedeutende Rolle als Standard für die Brauchbarkeit der indirekten Techniken. Im allgemeinen sind die Bestimmungen des Plasmavolumens am Lebenden grundsätzlich gleich. Alle beruhen auf der Verdünnung einer kleinen, aber genau bekannten Menge einer unschädlichen Substanz im Blutstrom.

Von der großen Anzahl und Vielfalt der Methoden zur Plasma- und Blutvolumenbestimmung sind praktisch wichtig

die Farbstoffmethode (mit den Farbstoffen Evans Blue, Trypanrot und Vitalrot), die CO-Inhalationsmethode und die Verwendung von radioaktiv markierten Erythrozyten bzw. Plasma-Eiweißkörpern. Sie alle sind technisch einfach und erlauben wiederholte Bestimmungen in kurzen Zeitabständen.

Die Farbstoffmethode und das radioaktive J^{131} werden zur Bestimmung des Plasmavolumens heute am meisten benützt. Daneben finden noch andere Substanzen wie z.B. $Cr^{51}Cl_3$ und hochmolekulares Dextran Verwendung.

Im Gegensatz zu früheren Berichten zeigen die neueren Untersuchungen eine gute Übereinstimmung der Ergebnisse bei Anwendung von Evans Blue und J^{131} (INKLEY, BROOKS und KRIEGER (26), GREGERSEN und RAWSON (21), FREINKEL, SCHREINER und ATHENS (16), SCHULTZ, HAMMERSTEN, HELLER und EBERT (42)). Daher kann die Isotopenmethode in Anbetracht der mit ihrer Anwendung verbundenen Strahlenbelastung - besonders bei Personen unter 50 Jahren - auf spezielle Fragestellungen beschränkt werden.

In dieser Arbeit wird über Kreislaufuntersuchungen mit der Farbstoffmethode bei 39 Hypertonikern und 22 herz- und kreislaufgesunden Vergleichspersonen berichtet. Näher betrachtet werden soll das Plasmavolumen der Hypertoniker. Gegenstand der Untersuchung ist das Verhältnis dieser Größe zum Plasmavolumen der Gesunden; weiterhin wird zu klären versucht, ob das Plasmavolumen der Hypertoniker im Verlauf der Krankheit gleichbleibt, oder ob es sich mit zunehmender Dauer und Schwere der Erkrankung ändert. Auf Grund dessen werden die Hochdruckpatienten in leichte bis mäßige und schwere Fälle eingeteilt. Ferner wird die Frage behandelt,

welches Körpermaß sich am besten als Bezugsgröße für das Plasmavolumen eignet und ob sich diesbezüglich Unterschiede zwischen Gesunden und Hypertonikern zeigen.

Das Plasmavolumen der Hypertoniker ist schon mehrfach untersucht, allerdings mit oft unterschiedlichen Ergebnissen (WOLLHEIM (52), ZISSLER (57), SCHNEIDER - siehe WOLLHEIM und MOELLER (54) -, CRANSTON und BROWN (10), MERTZ und KEINE (34)).

Es scheint denkbar, daß die Behandlung der oben gestellten Fragen einen weiteren Einblick in die hämodynamische Situation der Hypertoniker geben kann.

EIGENE UNTERSUCHUNGEN MIT DER FARBSTOFFMETHODE

Die Arbeit von KEITH, ROWNTREE und GERAGTHY (27) - als Farbstoff wurde Vitalrot verwendet - war grundlegend für die rasche Verbreitung der Farbstoffmethode zur Bestimmung des Plasmavolumens.

Das Prinzip unserer Methode beruht auf der Injektion einer geringen, aber genau bestimmten Farbstoffmenge und auf der Berechnung des Plasmavolumens aus der Farbstoffkonzentration im Plasma von arteriellen Blutproben 10 Minuten nach der Injektion.

Einerseits liegt die Hauptschwierigkeit der Plasmavolumenbestimmung darin, einen Indikator zu finden, der in der verwendeten Dosis und Konzentration unschädlich ist, der in geringer Menge injiziert werden kann (bei größeren Injektionsmengen Beeinflussung des Kreislaufes möglich), dessen Konzentration leicht bestimmt werden kann, der nicht im Stoffwechsel umgesetzt wird und der vor allem noch die Bedingung erfüllt, daß er nach gleichmäßiger Verteilung im gesamten Kreislauf nicht schon innerhalb der 1. Stunde nach der Injektion in stärkerem Ausmaß die Blutbahn verläßt. Von den Farbstoffen eignen sich daher nur diejenigen, welche langsam aus der Blutbahn verschwinden. Das von uns verwendete Evans Blue geht innerhalb weniger Sekunden eine feste Verbindung mit den Plasma-Albuminen ein (RAWSON zit. nach 23) und bleibt von allen Farbstoffen am längsten in der Blutbahn. Aus diesem Grund eignet sich Evans Blue sehr gut zur Bestimmung des Plasma-

volumens. Dies ist auch daraus ersichtlich, daß Evans Blue von allen Farbstoffen am meisten Verwendung findet.

Andererseits ist für die Berechnung des Plasmavolumens der Zeitpunkt der Blutentnahme nach der Injektion des Farbstoffes von größter Bedeutung. Wird die Konzentration des Farbstoffes 3 oder 6 Minuten nach seiner Injektion bestimmt, so ist die Durchmischung noch unvollständig und das Plasmavolumen wird nicht in voller Größe bestimmt. Anstatt sich mit einem nicht sicher bekannten Anteil zu begnügen, ist es zweckmäßiger den Zeitpunkt nach vollständiger Durchmischung - die Mischungsphase ist nach 10 Minuten gewöhnlich abgeschlossen (SCHWIEGK und RIECKER (43), HEGGLIN, RÜTISHAUSER, KAUFMANN, LÜTHY und SCHEU (23)) - zur Konzentrationsbestimmung zu wählen und damit das gesamte zirkulierende Plasmavolumen möglichst exakt zu erfassen.

Die Plasmavolumenbestimmung wurde in diesen Untersuchungen in Zusammenhang mit Kreislaufanalysen mit der Farbstoffverdünnungsmethode nach HAMILTON durchgeführt. Die HAMILTON-Methode gibt Aufschluß über die wichtigen Kreislaufgrößen, von denen das Herzminutenvolumen, das Schlagvolumen und der Herzindex auch zur Beurteilung unserer Hochdruckpatienten von Bedeutung sind. (Lit. bei NOWY (36), NOWY, KIKODSE und ZÖLLNER (37), KINSMAN, MOORE und HAMILTON (29)).

AUSFÜHRUNG

Es ist erforderlich, daß die Patienten nüchtern (Nahrungsaufnahme würde infolge der Lipämie das Untersuchungsergebnis stören) zur Untersuchung kommen. Nach 1/2 - 1 stündigem Liegen und Aufklärung des Patienten

über den Untersuchungsgang erfolgt die Lokalanästhesie mit 2% Novocain, um die Arterienpunktionsnadel nach COURNAND schmerzfrei in eine Brachialarterie einführen zu können. Die Haut über derjenigen Vene des anderen Armes, die sich zum Abfluß des Farbstoffes am besten eignet, wird ebenfalls mit Novocain infiltriert. Hierauf wird arterielles Blut entnommen für das Leerplasma, den Standardwert und den Hämatokrit.

Als Farbstoff wird Evans Blue verwendet. 2 ccm 0,6% wässriger Farblösung werden möglichst schnell injiziert. Die Menge des injizierten Farbstoffes muß mit äußerster Sorgfalt bestimmt werden, da ein nur ungefährender Wert, wie aus der unten angeführten Formel zur Berechnung des Plasmavolumens hervorgeht, das Ergebnis erheblich beeinträchtigen kann. Wir wiegen daher die Spritze vor und nach der Injektion, und zwar beidemal mit der Nadel, da nur so der nach der Injektion noch in der Nadel und im Totraum der Spritze zurückgebliebene Farbstoffanteil mitberücksichtigt wird.

10 Minuten nach der Injektion wird nochmals Blut entnommen zur Bestimmung des Plasma- und Blutvolumens und für den Hämatokrit. In den dazu verwendeten Röhrchen befindet sich eine Spur festen Heparins, um die Gerinnung zu verhindern. Heparin eignet sich dafür gut, da es den Hämatokrit und die optische Dichte des Plasmas in den verwendeten geringen Mengen nicht verändert (REEVE - 39 -).

Nach abgeschlossener Blutentnahme werden die Röhrchen mit den Blutproben durch Gummistopfen verschlossen und 10 Minuten bei 3000 Umdrehungen/min. zentrifugiert. Der Hämatokrit

wird mit der HAWKSLEY Mikrohämatokrit Centrifuge bestimmt als Mittelwert aus 4 Bestimmungen bei jeder Messung. Nach einer Pause von 10 - 20 Minuten wird die 2. Plasmavolumenbestimmung auf dieselbe Weise durchgeführt.

Unsere Methode ist, wie die zahlreichen Untersuchungen an der Medizinischen Poliklinik München (NOWY) zeigen, gefahrlos und praktisch schmerzlos. Eine längere (ca. 7 Minuten) Kompression der Arterienpunktionsstelle nach Entfernung der Nadel bildet den Abschluß der Untersuchung.

FARBSTOFFMESSUNG UND BERECHNUNG

Das Plasma wird dekantiert und nochmals 10 Minuten zentrifugiert. Die Messung der Extinktion der auszuwertenden Plasmaproben gegen Leerplasma (bei der jeweils 2. Plasmavolumenbestimmung entspricht das Plasma unmittelbar vor der 2. Injektion dem Leerplasma) erfolgt bei einer Wellenlänge von 620 $m\mu$ mit dem Spektralphotometer (ZEISS), wobei Küvetten von 2 mm Tiefe und 1 cm Breite Verwendung finden. Um eventuelle Trübungen als Fehlerquelle auszuschalten, wird zusätzlich noch bei einer Wellenlänge von 725 $m\mu$ gemessen.

Obwohl die Extinktion des Standardwertes bei den einzelnen Patienten nur gering variiert, wird bei jedem Patienten zur Kontrolle ein Farbstoffstandard hergestellt, wobei 2 ccm Leerplasma mit 0,005 ml Evans Blue der verwendeten Ampulle gemischt werden. Um genau 0,005 ml des Farbstoffes bestimmen zu können, wird eine Pipette mit Quecksilber geeicht.

Das Plasmavolumen berechnen wir nach der Formel:

Plasmavolumen =

$$\frac{\text{mg injizierter Farbstoff}}{\text{Extinktion des } 10' \text{ Wertes}} \cdot \text{Standardverdünnung} \cdot \text{Standardextinktion}$$

Die Bestimmung der Blutdruckwerte erfolgte bei allen unseren Untersuchungen mit der Manschettendruckmessung.

ER G E B N I S S E

Es wird das Plasmavolumen von 39 Hypertonikern - es handelt sich dabei mit Ausnahme des Falles 35 um kompensierte Hypertoniker, wie die ermittelten Kreislaufgrößen, besonders der Herzindex, zeigen (siehe Tabelle I Seite 24-28) - mit dem Plasmavolumen von 22 normalen Personen, bei denen keine kardiovaskuläre Erkrankung nachweisbar ist, verglichen. Der Wert des Plasmavolumens eines jeden Patienten ergibt sich als das arithmetische Mittel der Doppelbestimmungen. Diese Doppelbestimmungen, die kurz hintereinander, d.h. in einem Abstand von 10 - 20 Minuten durchgeführt werden, ermöglichen es, die Fehlerbreite der von uns verwendeten Methode abzuschätzen. So findet sich bei unseren Doppelbestimmungen eine Standardabweichung von $\pm 2,71\%$ (berechnet nach WEBER(50)).

Es wird versucht, das Untersuchungsgut einerseits in leichte bis mäßige Fälle (= Gruppe I) und andererseits in schwere Fälle (= Gruppe II) einzuteilen - in Anlehnung an die Einteilung der Hypertoniker von BECHGAARD (2) und FRIEDBERG (17).

Zur Gruppe I werden die Patienten gezählt, bei denen außer der Blutdruckerhöhung entweder überhaupt noch keine festen Symptome wie z.B. Kopfschmerz, Schwindel und Müdigkeit bestehen oder neben diese Symptome noch keine weiteren Komplikationen getreten sind.

Zur Gruppe II werden diejenigen Patienten gerechnet, bei denen das Röntgenbild ein aortenkonfiguriertes Herz mit Links- oder allseitiger Verbreiterung zeigt, das EKG Befunde

wie pathologischer Linkstyp, Linksschenkelblock, Linkshypertrophie und Myokardschädigung ergibt und bei denen der Augenhintergrund die typischen hochdruckbedingten Veränderungen zeigt. (Siehe Anamnesen und Befunde auf den folgenden Seiten 11-23).

A N A M N E S E N U N D B E F U N D E

A. Gruppe I:

1. E. J. Patient macht vegetativ labilen Eindruck.
20 ♂
180 cm Bef.: Spindelförmiges syst. Geräusch,
69,5 kg Maximum über Aorta,
2. Herzton gespalten. RR 175/80
Rö.: o.B.
EKG: o.B.
2. K. H. Schon mit 13 Jahren einen syst. Blutdruck
23 ♂ von 180 mm Hg, seit 1/2 Jahr Schmerzen in
178 cm der Herzgegend, auch in Ruhe.
58,5 kg Bef.: Gedoppelter I. Ton,
A2 betont,
resp. Arrhythmie. RR 170/100
Rö.: Kein Anhalt für stärkere path. Um-
formung des Herzens.
EKG: Sinusrhythmus,
Steiltyp,
kein krankhafter Befund.
Fundus: o.B.
3. K. O. Seit 20 Jahren Hochdruck bekannt,
65 ♂ Emphysem. RR 215/85
172 cm Rö.: o.B.
78,1 kg EKG: o.B.
4. Ki. H. Früher Scharlach.
37 ♂ Bef.: Herzgrenzen normal,
183 cm Herztöne rein. RR 155/125
92 kg Rö.: Kein Anhalt für path. Umformung oder
Erweiterung einzelner Herzabschnitte.
EKG: Sinustachykardie,
Rechtstyp,
kein sicher krankhafter Befund.
Harnstoff-N: 17,1 mg%
5. R. H. Seit 8 Jahren Kopfdruck, seit 3 Jahren Flimmern
20 ♂ vor den Augen, Kopfschmerzen ohne ophthalmo-
162 cm logische Begründung.
71,5 kg Bef.: RR 175/90
Rö.: Keine stärkere path. Umformung oder
Erweiterung einzelner Abschnitte des
Herzens.
EKG: Sinustachykardie, Mitteltyp,
Hyperthyreose ?
Harnstoff-N: 12,0 mg%

6. D. K. Schwindel, Ohrensausen, Atemnot beim
58 ♀ Treppensteigen, Bronchitis.
162 cm Bef.: A2 > P2 RR 150/95
76,5 kg Rö.: Herz o.B.
EKG: Pos.Linkstyp, intraaurikuläre
 Leitungsstörung.
7. W. A. Bef.: Herz etwas nach links verbreitert,
65 ♂ keine path. Geräusche,
156 cm Zeichen für Lungenemphysem.
65,2 kg RR 230/90
Rö.: Aortenkonfiguriertes, gering nach links
 verbreitertes Herz,
 Aortenelongation und ausgeprägte
 Aortensklerose,
 Zeichen für Lungenemphysem.
EKG.: Sinusbradykardie, Pos.Linkstyp,
 kein sicher krankhafter Befund.
8. D. Th. Vor 3 Jahren Herzbeschwerden,
71 ♂ seit 1/2 Jahr Schmerzen hinter dem Sternum,
166 cm ausstrahlend mehr nach links, Angstgefühl,
59,5 kg bei schnellem Gehen Atemnot.
Bef.: Herzaktion regelmäßig,
 A2 klingend, kein path.Geräusch.
RR 230/100
Rö.: Normalgroßes Herz, fast verstrichene
 Taille, angedeuteter prom.Pulmonalbogen,
 Aorta gering elongiert, Arteriosklerose.
EKG: Leichte Sinusbradykardie, Mitteltyp,
 keine sicheren Zeichen einer Links-
 hypertrophie.
Fundus: Mäßige Kaliberschwan­kungen der
 Arterien.
9. K. F. Schmerzen in der Herzgegend ausstrahlend in
75 ♀ den linken Arm, ab und zu beim Treppensteigen
169 cm und während der Nacht Atemnot,
68,5 kg Kopfschmerzen.
Bef.: Über der Aorta leises Systolikum
 und Spaltung des 2. Tones,
 über der Spitze Systolikum,
 über allen Ostien gespalten 2. Ton.
RR 200/100
Rö.: Mäßige Vorhoferweiterung,
 Hypertrophie d.li.Ventrikels ?
EKG: Sinusrhythmus, Wilsonblock.
Fundus: Deutliche sklerotische Veränderungen
 beiderseits.

10. Br. J.
55 ♂
178 cm
83,8 kg

Bef.: Herztöne rein, Aktion regelmäßig.

RR 170/90

Rö.: Mäßige Elongation der Aorta,
sonst o.B.

EKG: Normtyp, kein krankhafter Befund.

A N A M N E S E N U N D B E F U N D E

B. Gruppe II:

11. Ma. Au.
63 ♂
171 cm
83 kg

Seit 6 Jahren Hochdruck bekannt,
seit 3 - 4 Monaten schlechter Schlaf und
Nachtschweiß, leichte Beinödeme.

Bef.: Herzgrenzen im Normbereich,
sehr leise Töne,
Leises Systolikum besonders über der
Spitze, RR 200/110

Rö.: Angedeutet aortal konfiguriertes Herz,
elongierte Aorta.

EKG: Sinusrhythmus, Mitteltyp,
kein sicher krankhafter Befund,
Tendenz zur Linkshypertrophie.

Fundus: Mäßig hypertone Gefäßveränderungen
mit sklerotischem Einschlag.

Harnstoff-N: 21,4 mg%.

12. Bl. M.
70 ♀
145 cm
69,6 kg

Seit einigen Monaten Schmerzen hinter dem
Sternum nach beiden Seiten ausstrahlend,
halten oft 1 Stunde an, Atemnot beim
Treppensteigen und bei geringer Belastung,
Lippencyanose.

Bef.: Herzspitzenstoß nach links verbrei-
tert. Töne rein, vereinzelte Extra-
systolen, P2 betont.

RR 220/110

Rö.: Vorwiegend nach links verbreitertes,
angedeutet aortenkonfiguriertes Herz,
ausgeprägte Aortensklerose.

EKG: Linkstyp, Störung der Erregungsrück-
bildung, Zeichen für Linkshypertrophie
und Myokardschädigung.

Fundus: Kein Fundus hypertonicus.

Harnstoff-N: 20,5 mg%.

13. R.W.
51 ♂
171 cm
78 kg
- 1942 Unterschenkelamputation, seit 17 Jahren hoher Blutdruck, vor 6 Wochen Anfall mit starker Atemnot, Schwindel, Kopfdruck, und Herzsensationen. Dauer des Anfalls: 2 Tage. Später noch stärkerer Anfall mit Bewußtseinsverlust. Seit Jahren Durst.
- Bef.: Systolisches Geräusch über den Aortenklappen, A2 betont. RR 210/120
- Rö.: Mittelgradige, allseitige Erweiterung des aortencontifigurierten Herzens, Aortenelongation, angedeutete Schattendichte des Aortenknopfes.
- EKG: Sinusrhythmus, path.Linkstyp - Übergang zum Linksschenkelblock, Störung der Erregungsrückbildung, Linkshypertrophie.
- Harnstoff-N: 12 mg %
Katecholamine 26 Noradrenalin
4 Adrenalin
14. Bl. E.
65 ♀
168 cm
63 kg
- Essentieller Hypertonus mit sehr hohen systolischen und diastolischen Werten, erhebliches Emphysem, leichte Lippencyanose. Kein Hinweis für eine Nierenbeteiligung.
- Bef.: RR 250/130
- Rö.: Linksdilatiertes, aortenkonfiguriertes Herz, Aortensklerose.
- EKG: Linkstyp, Myokardschädigung, Linkshypertrophie.
- Fundus: Fundus hypertonicus Stadium I.
15. Ki. El.
68 ♀
152 cm
67,5 kg
- Seit 3 Jahren Hypertonie, Nykturie, Katarakt beiderseits.
- Bef.: Herztöne dumpf. RR 230/130
- Rö.: Keine path.Umformung oder Erweiterung einzelner Herzabschnitte, Altersveränderungen an der Aorta, Zeichen für Lungenemphysem.
- EKG: Sinusrhythmus, Linkstyp, intraaurikuläre Leitungsstörung, Störung der Erregungsrückbildung, Linkshypertrophie.
- Fundus: Rechts starrwandiges Gefäßsystem, links keine sichere Beurteilung möglich.
- Rest-N: 23,1 mg%.

16. W. K. Seit 14 Jahren hoher Blutdruck,
 68 ♀ Herzbeschwerden, Patientin wacht nachts auf,
 146 cm weil sie keine Luft bekommt, Lippencyanose,
 62,2 kg Beinödeme.
- Bef.: Herz nach links verbreitert,
 keine path. Herzgeräusche.
- RR 235/125
- Rö.: Das mehr schräggestellte, angedeutet
 aortenkonfigurierte Herz gering nach
 links verbreitert, Aorta elongiert
 sowie mäßig sklerosiert, Emphysem.
- EKG: Sinusrhythmus, path. Linkstyp,
 intraventrikuläre Leitungsstörung,
 Zeichen für Linkshypertrophie,
 Verdacht auf ältere umschriebene
 Läsion im supraapikalen Vorderwand-
 bereich.
17. Ki. Em. Seit 2 Jahren Diabetes, geringe prätibiale
 72 ♀ Ödeme.
- 154 cm
 79,5 kg
- Bef.: Herzgrenzen nach links verbreitert,
 Aktion regelmäßig, Töne rein.
- RR 200/120
- Rö.: Mittelständiges, angedeutet aorten-
 konfiguriertes Herz, normale Größe,
 elongierte und dilatierte Aorta,
 Kalkeinlagerungen.
- EKG: Sinusrhythmus, Linkstyp, Störung der
 Erregungsrückbildung, Zeichen für Links-
 hypertrophie.
18. W. Lu. Patientin kann schlecht Treppen steigen,
 73 ♀ Atemnot, Brennen in der Brust, Schwindel
 165 cm Kopfschmerzen, Lippencyanose, prätibiale
 83 kg Ödeme.
- Bef.: Herz I Q.F. nach rechts, 2 Q.F. nach
 links verbreitert, kein Spitzenstoß,
 keine Geräusche.
- RR 260/155
- Rö.: Etwas erweitertes, angedeutet aorten-
 konfiguriertes Herz, Aortensklerose.
- EKG: Sinusrhythmus, Linkstyp, intra-
 auriculäre Leitungsstörung, Zeichen
 für Hypertrophie, Schädigung des
 Kammermyokards.

19. Z. H. Seit 8 Jahren Hypertoniebehandlung.
 73 ♂
 163 cm
 83 kg
Bef.: RR 220/110
Rö.: Deutliche Elongation und Dilatation der Aorta, Lungenemphysem.
EKG: Sinusrhythmus, Linksschenkelblock, A-V Überleitungsstörung, vereinzelt ventrikuläre Extrasystolen.
Fundus: Cataracta senilis, keine wesentl. hypertonen Veränderungen.
Harnstoff-N: 13,7 mg%.
20. Sch.I. Vor 3 Jahren hoher Blutdruck festgestellt, vor 14 Tagen starkes Nasenbluten.
 64 ♀
 158 cm
 63,5 kg
Bef.: Herz nach links verbreitert, Töne rein, Aktion regelmäßig.
 RR 290/140
Rö.: Geringe Linksverbreiterung (Hypertrophie des li.Ventrikels ?)
EKG: Sinusrhythmus, pos.Linkstyp, Störung der Erregungsrückbildung, Linkshypertrophie.
21. Br.Au. Mattigkeit, Abgeschlagenheit, Nachtschweiß, Lippencyanose.
 73 ♂
 172 cm
 82 kg
Bef.: Herz nach links verbreitert.
 RR 215/110
Rö.: Nur geringe Linksbetonung eines dem Zwerchfell mehr breitbasig aufsitzenden Herzens. Stärkere Aortendilatation und Elongation, sowie deutliche Aortensklerose.
EKG: Linkshypertrophie, Störung der Erregungsrückbildung.
Fundus: Mäßig sklerotische Veränderungen, sonst o.B.
22. K. P. Vor 6 Jahren Apoplex mit leichter halbseitiger Lähmung.
 65 ♂
 164 cm
 57 kg
Bef.: Herzaktion regelmäßig, kein path. Geräusch. RR 240/130.
Rö.: Herz mehr steil gestellt, keine stärkere Umformung oder Erweiterung, Aorta elongiert und sklerosiert.
EKG: Sinusrhythmus, Steiltyp, Zeichen für Störung der Erregungsrückbildung, Hinweis auf Linkshypertrophie.

23. Ba.Th.
67 ♀
155 cm
95 kg
- Seit 3 Jahren Hypertoniebehandlung ,
Stechen präcordial in li.Arm ausstrahlend,
geschwächte Sehkraft, prätibiale Ödeme.
- Bef.: Herz mäßig nach links verbreitert,
Töne rein und regelmäßig.
- RR 180/110
- Rö.: Mäßige Linksverbreiterung des aorten-
konfigurierten Herzens, mäßige
Elongation der Aorta, Altersemphysem.
- EKG: Sinusrhythmus, pos.Linkstyp, Zeichen
für Störung der Erregungsrückbildung,
Verdacht auf Linkshypertrophie.
24. Z. J.
69 ♀
144 cm
54 kg
- Atemnot beim Gehen, schlechter Schlaf,
ständiger Reizhusten, leichte Stauungszeichen
der Halsvenen, Pulsationen der Jugularis,
geringe prätibiale Ödeme.
- Bef.: Herztöne rein und leise.
- RR 230/110
- Rö.: Etwas nach li.verbreitertes Herz,
fast verstrichene Taille, Aorta mäßig
elongiert und vermehrt schattengebend
mit angedeuteter Kalkeinlagerung im
Aortenknopf, mäßige Struma.
- EKG: Sinustachykardie, Mitteltyp, Zeichen
für Linkshypertrophie, Myokardschädigung
- Fundus: Ausgeprägte hypertone Gefäßveränderung
- Harnstoff-N: 9,4 mg%.
25. B. K.
66 ♀
152 cm
79,4 kg
- Seit 11 Jahren hoher Blutdruck, seitdem auch
Arbeitsdyspnoe und geschwollene Füße.
Seit 5 Jahren Diabetes, Müdigkeit, Atemnot,
leichte Lippencyanose und prätibiale Ödeme.
- Bef.: Regelmäßige Herzaktion, Spitzenstoß
nicht deutlich, systolisches Geräusch,
besonders über der Spitze.
- RR 260/130
- Rö.: Vorwiegend linksseitige Erweiterung
des Herzens (Hypertrophie und Dilatation
des li. Ventrikels).
- EKG: Störung der Erregungsrückbildung,
Linkshypertrophie.
- Harnstoff-N: 17,1 mg%.

26. Kr. F. Vor 10 Jahren Hypertonie festgestellt,
66 ♂ Kopfschmerzen, Herzklopfen, Atemnot beim
173 cm Treppensteigen.
90 kg
- Bef.: RR 205/115
- Rö.: Allseitige, mittelgradige Erweiterung
eines aortenkonfigurierten, breitbasig
dem Zwerchfell aufsitzenden Herzens,
Aorta dilatiert und angedeutet
sklerosiert im Bereich des Aorten-
knopfes.
- EKG: Sinusrhythmus, Linkstyp, Linksschenkel-
block.
- Harnstoff-N: 8,6 mg%.
27. Ho. E. Schwindel, "Flimmern" über dem Herzen,
66 ♀ chronische Tonsillitis.
148 cm
58,5 kg
- Bef.: Systolikum über allen Ostien, besonder
über der Pulmonalis.
- RR 235/125
- Rö.: Mäßige Linksverbreiterung eines dem
Zwerchfell breitbasig aufsitzenden,
aortenkonfigurierten Herzens, unregel-
mäßige Aktion. Wahrscheinlich über-
wiegende Hypertrophie und Dilatation
des linken Ventrikels. Aorta dilatiert
und in Höhe des Aortenknopfes
sklerosiert.
- EKG: Sinusrhythmus, Linkstyp, Störung der
Erregungsrückbildung, Linkshypertrophie,
mehrere supraventrikuläre Extrasystolen,
ältere Läsion im supraapikalen Vorder-
wandbereich.
- Fundus: Arteriosklerotisch bedingte
Veränderungen.
28. D. M. Seit 12 Jahren Hypertonie bekannt, solange
57 ♀ auch Neigung zu Kopfschmerzen. Seit 6 Wochen
166 cm Neigung zu Stirnkopfschmerzen, Schleiersehen
67,5 kg vermehrte Müdigkeit, Durst, Lippen-
cyanose.
- Bef.: Töne rein, A2 betont. RR 215/130
- Rö.: Geringe allseitige Erweiterung des
aortenkonfigurierten Herzens. Aorta
elongiert, dilatiert und sklerosiert.
- EKG: Sinusrhythmus, pos. Linkstyp, Zeichen
für Störung der Erregungsrückbildung
und für Linkshypertrophie.
- Fundus: Bild einer Stauungspapille rechts,
beiderseits Angiopathia hypertonica.
Beginnende chronische Urämie ?

29. Str. R. Seit 3/4 Jahren Kopfschmerzen, vor allem in der Schläfengegend, geschwollene Fußgelenke.
 50 ♂
 160 cm
 97 kg
Bef.: Herztöne leise, Aktion regelmäÙig.
 RR 210/120
Rö.: Geringe Linksverbreiterung des dem Zwerchfell breitbasig aufsitzenden, angedeutet aortenkonfigurierten Herzens, Aorta mäßig dilatiert, beginnendes Lungenemphysem.
EKG: Linkshypertrophie, Myokardschädigung.
Fundus: Hypertone Angiopathie im Sinne eines Übergangshochdruckes.
Harnstoff-N: 12 mg%.
30. H. G. Mit 23 Jahren Pyelitis, seit 3 Jahren Hochdruckbehandlung, seit einigen Tagen Hitze-
 48 ♀ wallungen und stechender Schmerz an der li.
 161 cm Schläfenseite, Gesichts- u. Lippencyanose,
 60 kg leichte prätibiale Ödeme.
Bef.: Paukende Herztöne, Aktion regelmäÙig.
 RR 215/105
Rö.: Linksbetontes Herz mit verstrichener Taille.
EKG: Sinusrhythmus, pos.Linkstyp, Störung der Erregungsrückbildung, Linkshypertrophie.
Fundus: GefäÙveränderungen im Sinne eines Übergangshochdruckes.
Harnstoff-N: 21,4 mg%.
31. M. A. Seit 10 Jahren Hypertonie bekannt.
 68 ♀
 155 cm
 69 kg
Bef.: RR 190/85
Rö.: Links erweitertes, aortenkonfiguriertes Herz, Zeichen für Lungenemphysem.
EKG: Sinusrhythmus, Linkstyp, inkompletter Wilsonblock, Störung der Erregungsrückbildung.
Fundus: Hypertone Angiopathie.
Harnstoff-N: 17,1 mg%.

32. Br.An. Vor 3 Jahren Druckgefühl über dem linken
58 ♀ Auge, gleichzeitig Blutdruckerhöhung,
153 cm seit 3 Monaten Diabetes, geringe prätibiale
64,3 kg Ödeme.
- Bef.: Herzgrenzen etwas nach links verbreitert, über der Spitze keine wesentliche Erweiterung, gespaltener I.Ton über allen Ostien und Systolikum.
- RR 230/105
- Rö.: Das dem Zwerchfell breitbasig auf-sitzende, aortenkonfigurierte Herz zeigt keine stärkere path. Umformung oder Erweiterung einzelner Abschnitte, geringe Aortenelongation.
- EKG: Geringe Sinustachykardie, pos. Linkstyp, Zeichen für Linkshypertrophie und Störung der Erregungsrückbildung.
33. L. M. Bef.: Herz 2 Q.F. nach links verbreitert,
77 ♀ Aktion regelmäßig, systolisches
148 cm Geräusch über Aorta und Erb hörbar,
58,5 kg
- RR 205/100
- Rö.: Herz aortenkonfiguriert und gering nach links verbreitert, mäßige Aorten-elongation und deutliche Aortensklerose.
- EKG: Sinusrhythmus, Linkstyp, Hinweis auf Störung der Erregungsrückbildung und auf Linkshypertrophie.
- Fundus: Beginnender Fundus hypertonicus.
- Harnstoff-N: 6,9 mg%
34. W. H. 1944-50 laufende Behandlung wegen Herz-
69 ♂ schwäche.
158 cm
80,3 kg
- Bef.: Herz etwas nach links verbreitert, Töne rein, Aktion regelmäßig, vereinzelte Extrasystolen.
- RR 175/110
- Rö.: Mäßig linksverbreitertes, aortenkonfiguriertes Herz, Aorta gering dilatiert und elongiert, angedeutete Sklerosierung in Höhe des Aortenknopfes.
- EKG: Sinusrhythmus, Linkstyp, Störung der Erregungsrückbildung, Zeichen für Linkshypertrophie.

35. Me. Am. Schwindelgefühl, Schlaflosigkeit, Atemnot
 63 ♀ beim Treppensteigen.
 160 cm Bef.: Herz gering nach links verbreitert,
 80 kg Töne rein, Aktion regelmäßig.
 RR 205/110
Rö.: Kein Anhalt für stärkere path. Um-
 formung oder Erweiterung einzelner
 Herzabschnitte, Aorta gering elongiert,
 Zeichen für Lungenemphysem.
EKG: Sinusrhythmus, Linkstyp, kein krank-
 hafter Befund.
Fundus: Deutliche Retinopathia hypertonica.
36. He. E. Seit Jahren Kopfschmerzen, seit 4 Jahren
 52 ♀ Hypertonie bekannt, Übelkeit, Erbrechen,
 160 cm Stechen und Brennen in der Herzgegend.
 63 kg Bef.: RR 230/120
Rö.: Herz unauffällig.
EKG: Sinusrhythmus, Mitteltyp, Zeichen für
 Störung der Erregungsrückbildung.
Harnstoff-N: 15 mg%.
37. R. S. Vor 1 Monat Hochdruck festgestellt, Müdigkeit,
 66 ♂ sonst keine Beschwerden.
 167 cm Bef.: Herzaktion regelmäßig, paukende Töne.
 77 kg RR 230/110
Rö.: Keine stärkere path. Umformung oder
 Erweiterung einzelner Herzabschnitte,
 deutliche Elongation und Sklerose der
 Aorta.
EKG: Sinusrhythmus, überdrehter Linkstyp,
 Wilson-Block, Zeichen für Linkshyper-
 trophie.
38. Bi. Th. Seit 4 Jahren Hypertonie bekannt.
 64 ♀ Bef.: Herzverbreiterung 2 Q.F. nach links,
 140 cm leises systolisches Geräusch über der
 48,5 kg Spitze, A2 > P2, Lungenemphysem.
 RR 205/120
Rö.: Gering erweitertes Herz, Hinweis auf
 Emphysem.
EKG: Linkstyp (z.T. lagebedingt), kein krank-
 hafter Befund.
Fundus: Venen geschlängelt ?
Rest-N: 26 mg%.

39. L. E.
 62 ♀
 161 cm
 76,8 kg

Herzbeschwerden, Cyanose, leichte prätibiale
 Ödeme.

Bef.: Leises Systolikum. RR 190/110

Rö.: Etwas links betontes, gering erweiter-
 tes Herz, Aorta etwas elongiert,
 Zeichen für Lungenemphysem.

EKG: Sinusrhythmus, Linkstyp, Störung der
 Erregungsrückbildung, Zeichen einer
 beginnenden Linkshypertrophie.

Fundus: Keine deutlichen Anzeichen für
 Hypertonie.

Harnstoff-N: 24 mg%.

Auf den folgenden Seiten sind die Ergebnisse unserer
 Untersuchungen in Tabellen (Seite 24-34) und Abbildungen
 (Seite 35-36) angeführt.

Nr.	Name, Alter, Geschlecht	Puls	R R	K.O. m ²	Hämatokrit red.	Plasma- volumen l	Blut- volumen l	Minuten- volumen l	Schlag- volumen ml	Herz- index l/min/m ²
1	E.J. 20 ♂	65	175/80	1,90	41,64	3,43	5,87	8,81	135	4,63
2	K.H. 23 ♂	73	170/100	1,74	43,12	2,80	5,00	6,00	82	3,50
3	K.O. 65 ♂	59	215/85	1,92	39,60	3,02	5,00	6,39	106	3,33
4	Ki.H. 37 ♂	68	155/125	2,15	42,24	3,39	5,95	7,40	108	3,45
5	R.H. 20 ♂	84	175/90	1,78	45,68	2,87	5,28	8,30	99	4,66
6	D.K. 58 ♀	73	150/95	1,81	37,60	3,28	5,25	6,10	83	3,36
7	W.A. 65 ♂	68	230/90	1,65	44,21	2,50	4,40	5,09	75	3,08
8	D.Th. 71 ♂	59	230/100	1,67	40,70	3,65	6,15	5,42	91	3,24
9	K.F. 75 ♀	85	200/100	1,77	44,47	3,28	5,90	8,11	95	4,58
10	Br.J. 55 ♂	64	170/90	2,03	41,12	3,49	5,93	7,18	112	3,54
1-10						3,17				

T A B E L L E I
Kreislaufgrößen der Gruppe I der Hypertoniker

Nr.	Name, Alter Geschlecht	Puls	R R	K.O. m ²	Hämatokrit red.	Plasma- volumen l	Blut- volumen l	Minuten-Schlag- volumen l	Schlag- volumen ml	Herz- index l/min/m ²
11	Ma.Au. 63 ♂	90	200/110	1,95	39,96	3,55	5,91	7,67	85	3,92
12	Bl.M. 70 ♀	93	220/110	1,61	39,00	2,70	4,40	6,64	71	4,10
13	R.W. 51 ♂	91	210/120	1,90	38,50	3,27	5,31	6,00	65	3,15
14	Bl.E. 65 ♀	81	250/130	1,83	41,82	2,73	4,70	4,94	60	2,70
15	Ki.El. 68 ♀	66	230/130	1,65	39,66	2,61	4,32	4,68	71	2,80
16	W.K. 68 ♀	82	235/125	1,54	43,44	2,43	4,30	5,10	62	3,32
17	Ki.Em. 72 ♀	78	200/120	1,77	39,78	2,76	4,58	5,02	64	2,80
18	W.Lu. 73 ♀	71	260/155	1,88	43,90	3,25	5,80	6,21	86	3,30
19	Z.H. 73 ♂	58	220/110	1,88	44,40	3,08	5,53	4,95	85	2,64

T A B E L L E I Kreislaufgrößen der Gruppe II der Hypertoniker

Nr.	Name Alter Geschlecht	Puls	R R	K.O. m ²	Hämatokrit red.	Plasma- volumen l	Blut- volumen l	Minuten- volumen l	Schlag- volumen ml	Herz- index l/min/m ²
20	Sch.I. 64 ♀	77	290/140	1,65	37,44	2,64	4,23	6,15	79	3,72
21	Br.Au. 73 ♂	57	215/110	1,94	44,06	2,98	5,30	6,08	107	3,13
22	K.P. 65 ♂	64	240/130	1,62	44,46	2,56	4,63	4,32	67	2,66
23	Ba.Th. 67 ♀	64	180/110	1,93	42,12	2,75	4,74	5,65	87	2,93
24	Z.J. 69 ♀	101	230/110	1,42	49,81	1,87	3,72	4,75	47	3,40
25	B.K. 66 ♀	65	260/130	1,74	36,14	3,13	4,84	6,30	96	3,62
26	Kr.F. 66 ♂	73	205/115	2,08	45,84	3,31	6,11	7,45	102	3,56
27	Ho.E. 66 ♀	95	235/125	1,52	36,48	2,66	4,20	7,40	77	4,87
28	D.M. 57 ♀	74	215/130	1,76	40,08	3,10	5,16	7,62	102	4,33

T A B E L L E I

Kreislaufgrößen der Gruppe II der Hypertoniker

Nr.	Name, Alter Geschlecht	Puls	R R	K.O. m ²	Hämatokrit red.	Plasma- volumen l	Blut- volumen l	Minuten- volumen l	Schlag- volumen ml	Herz- index l/min/m ²
29	Str.R. 50 ♂	60	210/120	1,98	41,21	3,67	6,24	5,53	91	2,80
30	H.G. 48 ♀	91	215/105	1,64	39,60	2,73	4,51	6,96	75	4,24
31	M.A. 68 ♀	76	190/85	1,69	41,28	2,71	4,62	6,03	79	3,56
32	Br.An. 58 ♀	96	230/105	1,60	42,96	2,79	4,90	9,22	95	5,70
33	L.M. 77 ♀	79	205/100	1,52	40,88	2,59	4,35	4,89	62	3,22
34	W.H. 69 ♂	94	175/110	1,83	36,38	3,38	5,31	6,10	65	3,33
35	Me.An. 63 ♀	50	205/110	1,84	38,40	3,32	5,39	4,20	84	2,28
36	He.E. 52 ♀	68	230/120	1,67	41,16	2,66	4,51	9,67	141	5,79
37	R.S. 66 ♂	76	230/110	1,92	46,56	3,47	6,49	7,00	91	3,65

T A B E L L E I Kreislaufgrößen der Gruppe II der Hypertoniker

Nr.	Name, Alter, Geschlecht	Puls	R R	K.O. m ²	Hämatokrit red.	Plasma- volumen l	Blut- volumen l	Minuten- volumen l	Schlag- volumen ml	Herz- index l/min/m ²
38	Bi. Th. 64 ♀	71	205/120	1,30	40,55	1,93	3,24	4,04	56	2,99
39	L. E. 62 ♀	63	190/110	1,79	41,39	3,37	5,74	6,47	103	3,61
11-39						2,90				
1-39						2,97				

T A B E L L E I Kreislaufgrößen der Gruppe II der Hypertoniker

Nr.	Name, Alter, Geschlecht	Körper- ober- fläche m ²	Körper- gewicht kg	Körper- länge cm	Puls	Hämatokrit red.	Plasma- volumen l	Blut- volumen l	Minuten- volumen l	Schlag- volumen ml	Herz- index l/min/m ²
1	G.Fr. 30 ♂	1,86	69,0	177	78	44,60	3,59	6,49	10,91	139	5,87
2	Z.M. 34 ♂	1,84	69,5	174	48	41,90	3,43	5,83	4,57	95	2,48
3	R.J. 19 ♀	1,73	69,0	160	99	39,20	2,77	4,49	11,90	120	6,88
4	M.Ph. 57 ♂	1,70	57,5	177	70	39,80	3,39	5,55	6,86	98	4,00
5	W.H. 30 ♂	1,90	77,5	171	87	43,20	3,52	6,17	9,54	110	5,02
6	L.H. 25 ♀	1,74	62,5	171	101	37,00	2,59	4,12	9,51	93	5,48
7	F.D. 32 ♂	1,92	73,0	179	81	44,16	2,92	5,23	7,48	92	3,89
8	F.H. 32 ♂	1,72	59,0	175	83	41,10	3,02	5,13	7,86	94	4,57
9	C.M. 25 ♀	1,74	64,0	169	73	41,40	3,52	6,00	7,55	103	4,33

T A B E L L E II Kreislaufgrößen der gesunden Vergleichspersonen

Nr.	Name, Alter, Geschlecht	Körperoberfläche m ²	Körpergewicht kg	Körperlänge cm	Puls	Hämatokrit red.	Plasma- volumen l	Blut- volumen l	Minuten- volumen l	Schlag- volumen ml	Herz- index l/min/m ²
10	Z.K. 17 ♂	1,82	66,5	175	59	41,04	3,79	6,44	8,95	150	4,92
11	F.L. 29 ♂	1,78	65,0	173	65	42,90	2,72	4,76	6,93	106	3,90
12	D.M. 20 ♂	1,38	70,0	171	70	43,70	3,10	5,50	5,15	74	2,75
13	Sch.F. 22 ♂	1,91	73,8	177	50	47,30	3,56	6,76	7,43	148	3,90
14	R.J. 46 ♂	1,89	77,0	170	56	44,65	3,34	6,04	6,28	112	3,30
15	G.J. 44 ♂	1,90	73,0	177	86	46,55	2,86	5,34	8,42	98	4,43
16	W.K. 26 ♂	1,83	65,5	179	75	42,60	3,10	5,31	10,80	140	5,90
17	G.E. 29 ♂	1,94	73,1	182	79	44,25	3,21	5,76	7,02	89	3,62
18	Ly.H. 22 ♂	1,98	75,0	184	72	47,00	3,67	6,94	8,70	121	4,40

Kreislaufgrößen der gesunden Vergleichspersonen

T A B E L L E II

Nr.	Name, Alter, Geschlecht	Körper- ober- fläche m ²	Körper- gewicht kg	Körper- länge cm	Puls	Hämatokrit red.	Plasma- volumen l	Blut- volumen l	Minuten- volumen l	Schlag- volumen ml	Herz- index l/min/m ²
19	Str.H. 23 ♂	1,70	64,2	170	64	42,25	3,20	5,54	6,90	107	4,05
20	M.R. 44 ♂	1,77	67,6	168	71	45,80	2,94	5,43	6,70	94	3,79
21	M.F. 64 ♂	1,87	75,9	169	78	44,56	3,09	5,60	6,55	84	3,50
22	H.J. 39 ♂	1,91	73,0	178	79	46,32	3,32	6,17	7,92	100	4,15
1 - 22							3,21				

T A B E L L E II

Kreislaufgrößen der gesunden Vergleichspersonen

n	Plasmavolumen			Rel. Gewicht in %
	ml/kg	ml/m ²	ml/cm	
1	49,35	1805	19,06	95,66
2	47,86	1609	15,73	81,93
3	38,67	1573	17,56	106,40
4	36,85	1577	18,52	113,58
5	40,14	1612	17,72	125,00
6	42,88	1812	20,25	118,60
7	38,34	1515	16,03	104,82
8	61,34	2186	21,99	86,62
9	47,88	1853	19,41	97,30
10	41,65	1719	19,61	105,27
1-10	44,50	1726	18,59	103,52
11	42,77	1821	20,76	114,17
12	38,80	1677	18,62	123,19
13	41,92	1721	19,12	105,26
14	43,33	1492	16,25	90,39
15	38,67	1582	17,17	114,21
16	39,07	1578	16,64	109,13
17	34,72	1559	17,92	132,50
18	39,16	1729	19,70	124,25
19	37,11	1638	18,90	124,63
20	41,58	1600	16,71	101,60
21	36,34	1536	17,33	111,71
22	44,91	1580	15,61	84,69

n	Plasmavolumen			Rel. Gewicht in %
	ml/kg	ml/m ²	ml/cm	
23	28,95	1425	17,74	156,76
24	34,63	1317	12,99	98,18
25	39,42	1799	20,59	133,90
26	36,78	1591	19,13	121,30
27	45,47	1750	17,97	101,21
28	45,93	1761	18,67	99,56
29	37,84	1854	22,94	147,41
30	45,50	1665	16,96	96,16
31	39,28	1604	17,48	113,49
32	43,39	1744	18,24	108,07
33	44,27	1704	17,50	101,21
34	42,09	1847	21,39	126,86
35	41,50	1804	20,75	125,20
36	42,22	1593	16,63	99,21
37	45,07	1807	20,78	110,95
38	39,79	1485	13,79	91,51
39	43,88	1883	20,93	118,70
11-39	40,50	1660	18,25	113,29
1-39	$\bar{x} = 41,52 + 1$	$\bar{x} = 1677 + 25,04$	$\bar{x} = 18,34 + 0,34$	$\bar{x} = 110,78$
	$\bar{s} = 0,84$	$\bar{s} = 1$	$\bar{s} = 1$	

T A B E L L E III: Plasmavolumen der 39 untersuchten Hypertoniker (bezogen auf Körpergewicht, Körperoberfläche und Körperlänge) und relatives Gewicht (=tatsächliches Gewicht ausgedrückt in % des jeweiligen Sollgewichtes) der 39 untersuchten Hypertoniker.

n	Plasmavolumen			Rel. Gewicht in %
	ml/kg	ml/m ²	ml/cm	
1	52,03	1930	20,28	90,32
2	49,35	1864	19,71	94,05
3	40,15	1601	17,31	131,18
4	58,96	1994	19,15	73,06
5	45,41	1853	20,58	107,94
6	41,44	1489	15,15	100,32
7	40,00	1521	16,31	93,59
8	51,19	1756	17,26	78,98
9	55,00	2023	20,83	94,26
10	56,99	2082	21,66	100,00
11	41,85	1528	15,72	92,20
12	44,29	1649	17,51	99,15
13	48,24	1864	20,11	104,53
14	43,38	1767	19,65	105,62
15	39,18	1505	16,16	93,35

n	Plasmavolumen			Rel. Gewicht in %
	ml/kg	ml/m ²	ml/cm	
16	47,33	1694	17,32	87,57
17	43,91	1655	17,64	94,69
18	48,93	1854	19,95	98,56
19	49,84	1882	18,82	97,72
20	43,49	1661	17,50	95,08
21	40,71	1652	18,28	106,75
22	45,48	1738	18,65	94,44
1-22	$\bar{x} = 46,69 + 1,20$	$\bar{x} = 1753 + 38,15$	$\bar{x} = 18,43 + 0,38$	$\bar{x} = 96,97$

TABELLE IV: Plasmavolumen der 22 untersuchten normalen Vergleichspersonen (bezogen auf Körpergewicht, Körperoberfläche und Körperlänge) und

relatives Gewicht (=tatsächliches Gewicht ausgedrückt in % des jeweiligen Sollgewichtes) der 22 untersuchten normalen Vergleichspersonen.

Relative Standardabweichung für Plasmavolumen					Relatives Gewicht in %
	PV/Körper- gewicht, be- zogen auf Mittelwert	PV/Körper- länge, be- zogen auf Mittelwert	PV/Körper- gewicht, be- zogen auf die Regres- sionskurve (Abb. I und II)	PV/Körper- oberfläche, be- zogen auf Mittelwert	
	N: 46,69 ml/kg H: 41,52 ml/kg (=88,93%)	N: 18,43 ml/cm H: 18,34 ml/cm (=99,51%)		N: 1753 ml/m ² H: 1677 ml/m ² (=95,66%)	
Hypertoniker	39 + 12,67% —	+ 11,63% —	+ 9,63% —	+ 9,33% —	81,9% - 156,8%
Normale	22 + 12,10% —	+ 9,71% —	+ 10,53% —	+ 10,21% —	73,1% - 131,2%

T A B E L L E V: Relative Standardabweichung für das Plasmavolumen der Hypertoniker und der normalen Vergleichspersonen (H = Hypertoniker, N = Normale Vergleichspersonen). Durchschnittswerte der Hypertoniker in % der Durchschnittswerte der normalen Vergleichspersonen (=100%).

ABBILDUNG I:

Beziehung zwischen Plasmavolumen (in ml/kg auf der Ordinate) und relativem Gewicht (= tatsächliches Gewicht ausgedrückt in % des jeweiligen Sollgewichtes) der Hypertoniker (in % auf der Abszisse).

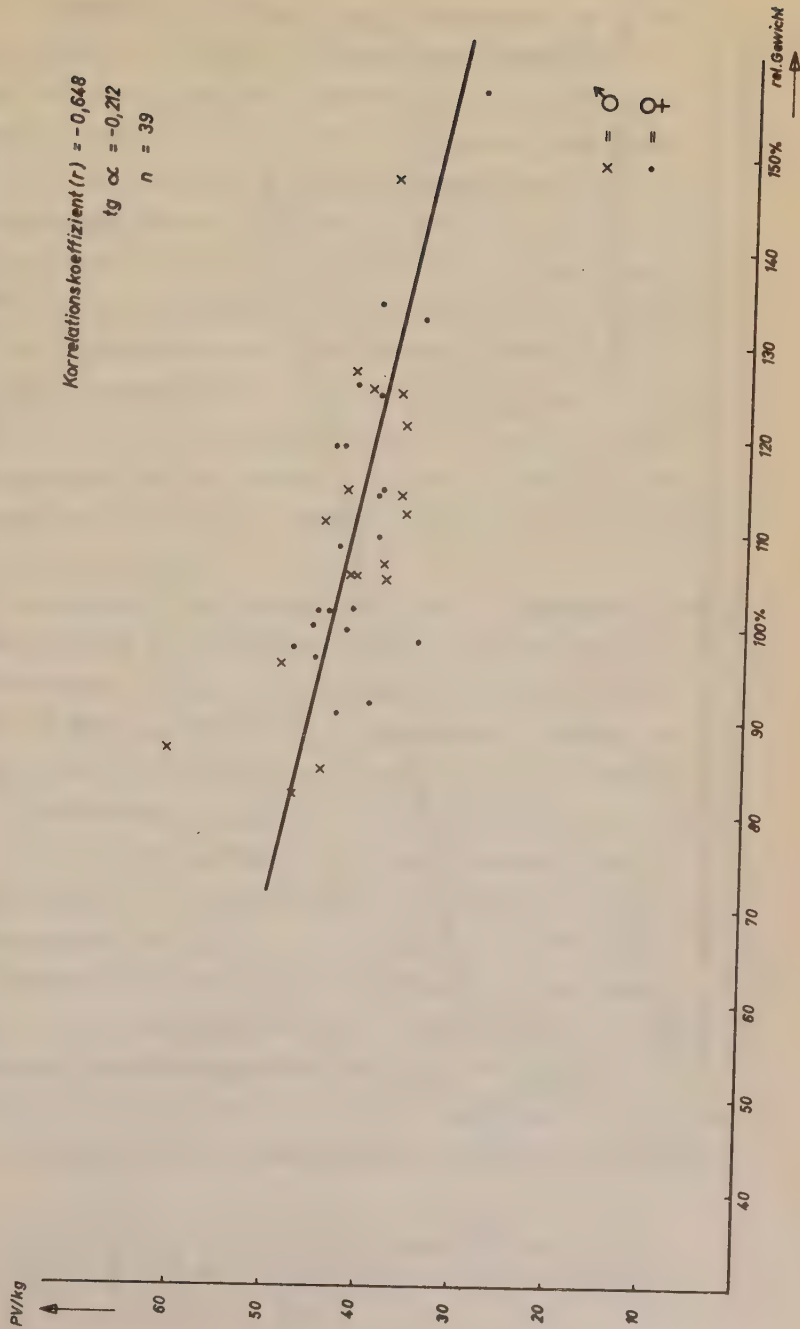
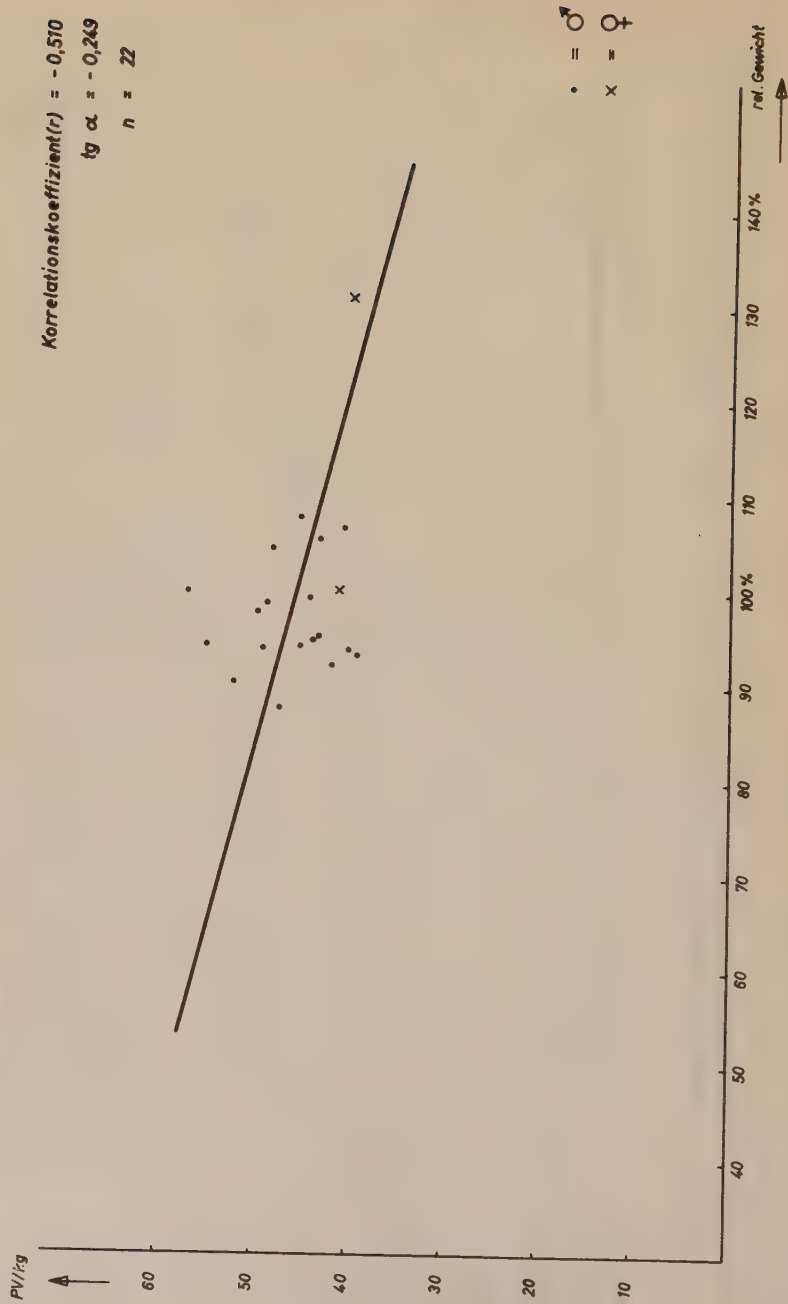


ABBILDUNG II:

Beziehung zwischen Plasmavolumen (in ml/kg auf der Ordinate) und relativem Gewicht (= tatsächliches Gewicht ausgedrückt in % des jeweiligen Sollgewichtes) der normalen Vergleichspersonen (in % auf der Abszisse).



Die Absolutwerte sagen wegen ihrer großen Variationsbreite - bei unserem Patientengut schwanken die absoluten Plasmavolumina der gesunden Vergleichspersonen zwischen 2,59 l und 3,79 l, die der Hypertoniker in noch stärkerem Ausmaß zwischen 1,87 l und 3,67 l - im allgemeinen nicht sehr viel aus. Es wird deshalb das Plasmavolumen auf einen Bezugsstandard bezogen (Tabelle III und IV, Seite 32 - 33).

Verwenden wir das Körpergewicht - die in der Klinik gebräuchlichste Bezugsgröße - so findet sich im Durchschnitt bei den Hypertonikern ein verkleinertes Plasmavolumen von 41,5 ml/kg gegenüber 46,7 ml/kg bei den Gesunden. Ein Vergleich der mittleren gewichtsbezogenen Plasmavolumina der 2 Untergruppen ergibt bei der Gruppe II mit 40,5 ml/kg einen niedrigeren Wert als bei der Gruppe I, bei der das Plasmavolumen 44,5 ml/kg beträgt.

Beziehen wir das Plasmavolumen auf die Körperoberfläche (berechnet nach der Formel von DUBOIS aus Körperlänge und Körpergewicht), so ist das Plasmavolumen der Hypertoniker mit einem Wert von 1677 ml/m^2 im Durchschnitt geringer als bei den gesunden Vergleichspersonen, deren mittleres Plasmavolumen 1753 ml/m^2 beträgt. Vergleichen wir auch hier die Mittelwerte der auf die Körperoberfläche bezogenen Plasmavolumina der 2 Untergruppen, so zeigt sich bei der Gruppe II mit 1660 ml/m^2 ein geringerer Wert als bei der Gruppe I mit 1726 ml/m^2 .

Benützen wir schließlich die Körperlänge als Bezugssystem, so ist das Plasmavolumen der Hypertoniker im Durchschnitt nur ganz gering kleiner als das der Gesunden ($18,3 \text{ ml/cm}$ gegenüber $18,4 \text{ ml/cm}$). Der Vergleich der mittleren Plasmavolumenwerte der 2 Untergruppen ergibt bei der Gruppe II

einen etwas geringeren Wert (Gruppe II: 18,3 ml/cm,
Gruppe I : 18,6 ml/cm).

Der experimentelle und klinische Gebrauch der gewichtsbezogenen Durchschnittswerte ist begrenzt, da die Schwankungsbreite der Plasmavolumina/kg, wie die Literatur zeigt, auch noch ziemlich groß ist (LINDEN (31), EDWARDS und WYTHE (14), GREGERSEN (20), BÖRNER, KOLB, MOLL und SCHRÖDER (6), SCHRÖDER, BÖRNER und QUALO (41)). Aus diesem Grund wird versucht andere physikalische Körpermaße wie Körperlänge, Körperoberfläche und relatives Gewicht (= tatsächliches Gewicht ausgedrückt in % des jeweiligen Sollgewichtes) mit dem Körpergewicht als Bezugsgröße zu vergleichen. Zu diesem Zweck wird die Standardabweichung der Werte für das Plasmavolumen/Körpermaß berechnet, bezogen auf die jeweiligen Mittelwerte und auf die Regressionskurve. Die Berechnung erfolgt nach der Formel

(WEBER (50)):

$$s = \sqrt{\frac{\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}}{n - 1}}$$

Die Ergebnisse sind aus der Tabelle V (Seite 34) ersichtlich.

Die durchschnittliche Abweichung des gewichtsbezogenen Plasmavolumens der 39 Hypertoniker beträgt + 12,67%. Bei den Gesunden ist die durchschnittliche Abweichung nur wenig kleiner (+ 12,10%).

Anschließend wird die Frage untersucht, ob die Streuung der Werte für das Plasmavolumen bei Bezug auf die Körperlänge geringer ist als bei Bezug auf das Körpergewicht. Dabei zeigt sich bei den normalen Vergleichspersonen eine beträchtlich geringere Streuung, erkenntlich an der geringeren durchschnitt-

lichen Abweichung von $+ 9,71\%$, während bei den Hypertonikern die durchschnittliche Abweichung mit $+ 11,63\%$ nur mäßig verringert ist.

Die einzelnen Plasmavolumenwerte/Körpergewicht werden nun in Beziehung zum relativen Gewicht der Patienten gesetzt. Das Sollgewicht wird bestimmt nach der Tabelle für Durchschnittswerte (DOCUMENTA GEIGY (13)), die Körperlänge, Alter und Geschlecht berücksichtigt. Die Werte für das Plasmavolumen/Körpergewicht aller Personen (Ordinate) werden in der Abbildung I und II (Seite 35-36) in einem Koordinatensystem gegen das relative Gewicht der Patienten (Abszisse) - Sollgewicht = 100% - aufgetragen. Dann wird die Regressionsgerade so gezeichnet, daß die Summe der Quadrate der Abweichungen zwischen den beobachteten Y-Werten und den entsprechenden Werten auf der Kurve die kleinstmöglichen Werte annimmt (berechnet nach WEBER (50)).

Wie aus dem Verlauf der Regressionsgeraden in Abbildung I und II hervorgeht, nimmt der Quotient Plasmavolumen/Körpergewicht sowohl bei den Hypertonikern wie auch bei den normalen Vergleichspersonen mit Zunahme des relativen Gewichtes ab. Weiterhin zeigt die Berechnung der Korrelationskoeffizienten (berechnet nach WEBER (50)) eine gute negative Korrelation der beiden Größen bei den Gesunden ($r = -0,510$) und eine noch höhere negative Korrelation ($r = -0,648$) bei den Hypertonikern. Daher haben bei den Hypertonikern auch die 11 Fälle unter dem Sollgewicht ein bedeutend höheres Plasmavolumen ($45,7 \text{ ml/kg}$) als die 28 Fälle über dem Sollgewicht ($39,9 \text{ ml/kg}$).

Bei Bezug auf die Regressionsgerade findet sich eine durchschnittliche Standardabweichung, die bei den Hypertonikern mit + 9,63% geringer ist als bei den gesunden Vergleichspersonen mit + 10,53%.

Verwendet man schließlich die Körperoberfläche als Bezugsstandard, so ist die durchschnittliche Abweichung bei den Hypertonikern mit + 9,33% ebenfalls geringer als bei den Gesunden, deren Werte eine durchschnittliche Abweichung von + 10,21% zeigen.

D I S K U S S I O N

Wie die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen, liegt der Mittelwert des Plasmavolumens/Körpergewicht bei den Gesunden im oberen Bereich der in der Literatur angegebenen Werte (KEITH, ROWNTREE und GERAGTHY (27), SEYDERHELM und LAMPE (44), WOLLHEIM (51), WOLLHEIM, BECKER und SCHNEIDER (53) GIBSON, PEACOCK, SELIGMAN und SACK (19), DEGKWITZ, ZISSLER, ZISSLER (12), von PORAT (38), ZISSLER (57), INKLEY, BROOKS und KRIEGER (26), BÖRNER, BRACHARZ und SCHRÖDER (4), ZISSLER, ZISSLER und SCHNEIDER (56)).

Sehr hohe Werte findet KEITH (27). Die Mehrzahl der Werte liegt zwischen 43 ml/kg und 48 ml/kg. Die höheren Werte finden sich natürlich bei den männlichen, die niedrigeren Werte bei den weiblichen Patienten. WOLLHEIM (51,53), DEGKWITZ (12) und ZISSLER (56) finden etwas, teilweise auch erheblich verkleinerte Plasmavolumina/kg. Der Grund dafür dürfte in der Farbstoffkonzentrationsbestimmung liegen, die bereits 3 - 6 Minuten nach der Injektion erfolgt (Begriff der schnell zirkulierenden oder aktiven Plasma- und Blutmenge nach WOLLHEIM (51); dieser Begriff wird aber von den meisten Autoren, die sich damit beschäftigt haben, abgelehnt). Zu diesem Zeitpunkt ist nämlich die Durchmischung noch nicht vollständig, so daß die Farbstoffkonzentration zu hoch und damit das Plasmavolumen zu niedrig bestimmt wird.

Der Vergleich des Normalwertes mit dem durchschnittlichen Plasmavolumen/Körpergewicht unserer Hypertoniker zeigt bei diesen eine beachtlich verminderte Plasmamenge (-11,1%). Dabei aber ist zu berücksichtigen, daß die Normalpersonen im Gegensatz zu den Hochdruckpatienten zum größten

Teil Männer sind, die bekanntlich ein größeres Plasmavolumen als die Frauen aufweisen. Außerdem sind 3 der Untersuchten trainierte Sportler, deren Plasmavolumen über die Norm erhöht ist. Ferner ist zu beachten, daß die Hypertoniker im Durchschnitt schwerer sind als die Kreislaufgesunden, wie sich an dem um 13,8% höheren relativen Gewicht zeigt. Wie aber die Regressionsgerade in der Abbildung I und II und die Korrelationskoeffizienten eindrucksvoll veranschaulichen, wird das Plasmavolumen/kg mit Zunahme des relativen Gewichtes in % kleiner, d.h. Übergewichtige haben ein kleineres, Untergewichtige dagegen ein höheres gewichtsbezogenes Plasmavolumen. Diese Beziehung wird von anderen Autoren gleich oder ähnlich beschrieben (BROWN und ROWNTREE (8), WOLLHEIM (51), KOLB (30), ALLEN und Mitarb. (1), EDWARDS und WYTHE (14), BÖRNER, KOLB und SCHRÖDER (5)). Die Abnahme des Blutvolumens im Alter über 70 Jahre, die allerdings umstritten ist (BÖHLAU und KNOBLOCH (3), GIBSON und EVANS (18), COHN und SHOCK (9), BÖRNER, BRACHARZ und SCHRÖDER (4)), dürfte ebenfalls eine Rolle spielen, da bei den Hochdruckpatienten 7 Fälle über 70 Jahre alt sind, während das Kontrollgut durchweg wesentlich jünger ist. Eine eigene Untersuchung darüber ist wegen der zu geringen Zahl der Patienten in den einzelnen Altersklassen nicht möglich.

Aus diesen Gründen wird die zunächst stärker erscheinende Verminderung des Plasmavolumens eingeschränkt. Das Plasmavolumen der 39 untersuchten Hypertoniker ist also nur mäßig verkleinert. Zu ungefähr demselben Ergebnis

kommen WOLLHEIM (52) und ZISSLER (57). SCHNEIDER (siehe WOLLHEIM und MOELLER (54)) stellt dagegen eine signifikante Verminderung des Plasmavolumens fest, während CRANSTON und BROWN (10), MERTZ und KEINE (34) sowie MERTZ (33) keine nennenswerte Abweichung von der Norm finden.

Die Unterschiedlichkeit dieser Ergebnisse mag einmal zurückzuführen sein auf die stark wechselnde Zahl der Untersuchten und auf die verschiedene Verteilung des männlichen und weiblichen Patientengutes. Ferner erfolgt in den einzelnen Arbeiten die Einteilung der Hochdruckpatienten oft nach verschiedenen Gesichtspunkten (z.B. kompensierte-dekompensierte Hypertoniker, leichte - schwere Hypertonie). Ein weiterer Grund mag die unterschiedliche Auswahl der gesunden Vergleichspersonen sein. Die Unterschiede der Methoden und die verschiedene Durchführung der gleichen Methode bei den einzelnen Autoren dürften ebenfalls mit ausschlaggebend sein.

Das auf die Körperoberfläche und die Körperlänge bezogene durchschnittliche Plasmavolumen der gesunden Vergleichspersonen zeigt weitgehende Übereinstimmung mit den Angaben in der Literatur (siehe Tabellen über Normalwerte des Plasmavolumens bei HEGGLIN und Mitarb.(23), von PORAT (38) und MÜLLER (35)).

Bei den Hypertonikern ist das mittlere Plasmavolumen/Körperoberfläche, wie unsere Ergebnisse zeigen, gering (-4,3%) gegenüber dem Normalwert verkleinert, während das mittlere Plasmavolumen/Körperlänge nicht nennenswert (-0,5%) verändert ist.

Die Verminderung des Plasmavolumens der Hypertoniker gegenüber dem Normalwert ist demzufolge bei Bezug auf das

Körpergewicht mit -11,1% am stärksten. Eine Ursache dafür mag das höhere mittlere relative Gewicht der Hypertoniker sein, das zum großen Teil durch vermehrte Bildung von Fettgewebe, das weniger durchblutet ist (ALLEN und Mitarb. (1), BÖHLAU und KNOBLOCH (3), BÖRNER, KOLB und SCHRÖDER (5)), hervorgerufen wird. Da sich die Körperoberfläche aus Körpergewicht und Körperlänge errechnet, wirkt sich auch hier das höhere Körpergewicht der Hypertoniker in demselben Sinne aus, natürlich nicht in dem gleichen Maß.

Die Beeinflussung des Plasmavolumens durch den Ernährungszustand, den Stoffwechsel, das Wasser- und Elektrolytgleichgewicht des Organismus, aber auch durch die Funktion des Herzens, der Nieren, der Nebennieren und der Hypophyse steht fest. Die Tatsache, daß trotzdem das Plasmavolumen individuell ziemlich konstant gehalten wird, deutet auf eine Reihe komplizierter Regulationsvorgänge hin (homeostatisches System, das durch Aldosteron und das antidiuretische Hormon dargestellt wird; humorales und neurologisches System, das den Blutdruck kontrolliert; hydrostatischer und kolloid-osmotischer Druck; Regulation der Plasmaproteine; Verhältnis von intravaskulärer und interstitieller Flüssigkeit).

Diese Mechanismen sind aber teilweise noch ungeklärt (Lit. bei BROWN, HOPPER und WENNESLAND (7), LINDEN (31), GREGERSEN und RAWSON (21), HERBEUVAL, CUNY, MANCIAUX und STOICHEW (24), WALKER, ROSS und HAMMOND (48), ROCHLIN, SHOHL und BLAKEMORE (40), SJÖSTRAND (46, 47)). Die noch nicht vollständige Aufklärung der Plasmavolumen-Regulation dürfte auch ein Grund dafür sein, daß die Frage noch offen ist,

warum die kompensierten Hypertoniker ein etwas vermindertes Plasmavolumen besitzen.

Während MERTZ (33), MERTZ und KEINE (34) sowie CRANSTON und BROWN (10) ein normales Plasmavolumen und auch eine normalgroße extracelluläre Flüssigkeitsmenge beim unkomplizierten Hochdruck feststellen, zeigen die Untersuchungen anderer Autoren neben einem verkleinerten Plasmavolumen eine vergrößerte extracelluläre Flüssigkeitsmenge (SHAPIRO und GROLLMANN (45), WARNER und Mitarb. (49)).

Diese Beobachtung der letztgenannten Autoren (Verkleinerung des Plasmavolumens - Vergrößerung der extracellulären Flüssigkeitsmenge) erlaubt eine, wenn auch vielleicht zu einfache Teilerklärung für das verminderte Plasmavolumen der Hypertoniker: Das Verhalten von Kapillardruck und kolloidosmotischem Druck ist entscheidend für das Verteilungsgleichgewicht zwischen intra- und extravaskulärer Flüssigkeitsmenge. Bei den Hypertonikern ist der Kapillardruck erhöht (ELLIS und WEISS (15), DAVIS (11)). Während nach DAVIS (11) der Kapillardruck bei den unkomplizierten Fällen noch im Bereich der Norm liegen kann oder erhöht ist, ist die Druckerhöhung in den Kapillaren mit zunehmender Dauer der Erkrankung und mit dem Auftreten von Komplikationen beträchtlich. Die Folge der Kapillardruck-erhöhung ist ein vermehrter Flüssigkeitsausstrom aus den Kapillaren mit Verminderung des Plasmavolumens und Vergrößerung des extracellulären Raumes.

Daß sich das Plasmavolumen mit dem Auftreten von Komplikationen weiter verringert, ergibt auch die Untersuchung. Sie zeigt bei der Gruppe II der Hypertoniker

sowohl bei Bezug auf das Körpergewicht als auch bei Bezug auf Körperoberfläche und Körperlänge ein kleineres mittleres Plasmavolumen als die Gruppe I. Allerdings ist zu berücksichtigen, daß bei der Gruppe I die Anzahl der Männer überwiegt, während die Mehrzahl der schweren Fälle Frauen sind.

WOLLHEIM (55) hält es nicht für angängig, die Verminderung des Plasmavolumens als Folge einer Vergrößerung des extracellulären, extravasalen Raumes anzusehen.

Bei unseren Kreislaufgesunden ist die Körperlänge in Übereinstimmung mit anderen Arbeiten der beste Bezugsstandard für das Plasmavolumen (MATHER, BOWLER, CROOKE und MORRIS (32), von PORAT (38)). Es folgt die Körperoberfläche, die nach EDWARDS und WYTHE (14) besser geeignet ist als die Körperlänge, mit einer um + 0,5 % größeren Standardabweichung. Ob die Körperlänge auch für Frauen den besten Bezugswert liefert oder ob, wie von PORAT (38) glaubt, die Körperoberfläche geeigneter ist, läßt sich nicht feststellen - unter unseren Untersuchten sind nur 2 Frauen. Die Anschauung von GIBSON und EVANS (18), daß das Blutvolumen bei starken Gewichtsschwankungen besser auf die Körperlänge als auf die Körperoberfläche bezogen wird, kann für das Plasmavolumen nicht bestätigt werden. Das relative Gewicht ist als Bezugsgröße nicht ganz so günstig wie die Körperlänge und die Körperoberfläche. Dieser Befund stimmt nicht überein mit den Untersuchungen von LINDEN (31), MÜLLER (35), BÖRNER und Mitarb. (5, 6), EDWARDS und WYTHE (14)).

Für unsere Hypertoniker ist der Bezug auf die Körperoberfläche am besten. Bezieht man auf die Regressionsgrade, so ist die Abweichung nur etwas größer ($\pm 0,3\%$). Es läßt sich beobachten, daß bei den Hypertonikern die Streuung der Werte für das Plasmavolumen bei Bezug auf die Körperoberfläche und auf die Regressionsgerade um $0,88\%$ bzw. $0,90\%$ geringer ist als die jeweilige Streuung bei den Gesunden. Im Gegensatz dazu vergrößert sich die Streuung der Werte der Hypertoniker bei Bezug auf das Körpergewicht um $0,57\%$, bei Bezug auf die Körperlänge um $1,92\%$. Da die Hypertoniker ein größeres durchschnittliches relatives Gewicht als die Gesunden besitzen und ihre Werte eine größere Schwankungsbreite als bei den normalen Vergleichspersonen aufweisen, läßt sich aus obiger Beobachtung folgern, daß mit zunehmendem relativem Gewicht die Körperoberfläche und die Regressionsgerade bessere Bezugsgrößen darstellen, während sich mit Zunahme der Gewichtsschwankungen das Körpergewicht und die Körperlänge als Bezugsstandard für das Plasmavolumen weniger eignen. Die Frage, ob das relative Gewicht bei stark Über- oder Untergewichtigen als Bezugssystem, wie z.B. BÖRNER und Mitarb. (6) meinen, wesentliche Vorteile gegenüber der Körperoberfläche bietet, läßt sich nicht beantworten - das Untersuchungsgut enthält eine zu geringe Anzahl derartiger Patienten. Auf jeden Fall ist auch das relative Gewicht nur ein grobes Maß für den Körperfettgehalt - die Hauptursache für die starke Streuung der Werte -, da die Übergewichtigkeit auch durch körperbauliche

Momente und durch vermehrte Muskelbildung bedingt sein kann.

Der Bezug auf das Körpergewicht zeigt bei den Hyper-tonikern wie auch bei den Gesunden die größten Standard-abweichungen. Das Körpergewicht stellt damit von den unter-suchten Bezugsgrößen den weniger günstigen Wert dar. Dieselbe Feststellung treffen auch andere Autoren (LINDEN (31), SCHRÖDER, BÖRNER und QUALO (41), BÖRNER, KOLB, MOLL und SCHRÖDER (6), EDWARDS und WYTHE (14)).

Das "Lean body mass" (=LBM), d.h. Körpergewicht minus Fettgewicht, wird vielfach in der Literatur als das beste Bezugssystem angesehen, weil es die große Variation des Körperfettgehaltes (5 - 70%) weitgehend berücksichtigt (ALLEN und Mitarb. (1), LINDEN (31), KEYS und BROZEK (28)). Von anderer Seite werden die Vorzüge dieser Methode gegen-über den einfachen Bezugsgrößen wie Körpergewicht und Kör-peroberfläche nicht bestätigt (HUFF und FELLER (25), INKLEY, BROOKS und KRIEGER (26)). Zudem ist die Bestimmung des Kör-perfettgehaltes zu umständlich und aufwendig. Deshalb kommt diese Methode für eine breitere klinische Anwendung kaum in Frage.

Aus diesen Überlegungen geht hervor, daß es bis jetzt noch keinen idealen Bezugswert für das Plasmavolumen gibt. Nach INKLEY, BROOKS und KRIEGER (26), die eine signifikante Variation des Plasmavolumens bei denselben Personen zwischen 2 getrennten Bestimmungen finden, scheint es unvernünftig, zu erwarten, daß die Streuung der Werte innerhalb einer Gruppe merklich gesenkt werden könnte, wenn ein idealer Bezugswert für das Plasmavolumen existieren würde. Auch

die Untersuchungen anderer Autoren (von PORAT (38), HEGGLIN und Mitarb.(23), MATHER, BOWLER, CROOKE und MORRIS (32)) ergeben noch erhebliche Unterschiede der Plasmavolumina bei Hintereinanderbestimmung (3,9 - 6%).

Unsere Ergebnisse zeigen dagegen eine deutlich geringere Fehlerbreite der Plasmavolumenbestimmung (2,7%) und stellen damit die von INKLEY und Mitarb.(26) angestellten Erwägungen in Frage.

Z U S A M M E N F A S S U N G

Es wird über Untersuchungen mit der Farbstoffmethode zur Bestimmung des Plasmavolumens bei Hypertonikern berichtet. Die einzelnen Messungen konnten im Rahmen der Herzfunktionsprüfungen (NOWY) an der Medizinischen Poliklinik der Universität München durchgeführt werden.

Das Plasmavolumen wird 10 Minuten nach der Injektion von ca. 12 mg Evans Blue in eine periphere Vene aus der Farbstoffkonzentration im Plasma von arteriellen Blutproben bestimmt.

Der Wert des Plasmavolumens eines jeden Untersuchten - die Bestimmung der Normalwerte erfolgt unter denselben Bedingungen wie bei den Hochdruckpatienten - ergibt sich als das arithmetische Mittel der 2 in einem Abstand von 10 - 20 Minuten hintereinander erfolgenden Plasmavolumenbestimmungen.

Die auf Grund der Doppelbestimmungen ermittelte Fehlerbreite der von uns verwendeten Methode liegt beträchtlich unter den Werten, die in der Literatur angegeben werden.

Das Plasmavolumen von 39 Hypertonikern - bis auf einen Patienten sind alle kompensiert - wird mit dem Plasmavolumen von 22 Normalpersonen, bei denen keine kardiovaskuläre Erkrankung nachweisbar ist, verglichen.

Es zeigt sich bei den gesunden Vergleichspersonen eine große, bei den Hypertonikern eine noch größere Schwankungsbreite der absoluten Werte des Plasmavolumens.

Das auf das Körpergewicht bezogene mittlere Plasmavolumen ist bei den Hypertonikern mäßig kleiner als bei den Gesunden. Dabei weisen die schweren Hochdruckfälle (=Gruppe II) ein kleineres durchschnittliches Plasmavolumen/kg auf als die Patienten mit leichtem bis mäßigem Hochdruck (=Gruppe I).

Bei Bezug auf die Körperoberfläche ist die Verminderung des durchschnittlichen Plasmavolumens der Hypertoniker gegenüber den Werten der Gesunden geringer.

Bezieht man auf die Körperlänge, so liegt das mittlere Plasmavolumen der Hypertoniker nur ganz gering unter dem Vergleichswert der Gesunden.

Von den Hypertonikern zeigt die Gruppe II auch bei Bezug auf Körperoberfläche und Körperlänge ein kleineres Plasmavolumen als die Gruppe I. Es ist also das Plasmavolumen der Patienten mit schwerer Hypertonie im Durchschnitt kleiner als das Plasmavolumen der Patienten mit leichter Hypertonie.

Weiterhin ergibt die Untersuchung, wie der Verlauf der Regressionsgeraden und die Korrelationskoeffizienten zeigen, bei den Untergewichtigen ein beträchtlich höheres mittleres Plasmavolumen/kg als bei den Übergewichtigen.

Das Körpergewicht als Bezugsstandard - in der Klinik überwiegend verwendet - erscheint bei den Gesunden und in stärkerem Maß bei den Hypertonikern weniger geeignet als die übrigen untersuchten Bezugsgrößen.

Bei den gesunden Vergleichspersonen erweisen sich die Körperlänge und auch die Körperoberfläche als gute Bezugs-

größen für das Plasmavolumen. Der Bezug auf das relative Gewicht ist nicht ganz so günstig.

Bei den Hypertonikern (ihr mittleres relatives Gewicht ist größer und zeigt eine größere Schwankungsbreite als bei den Gesunden) hingegen bezieht man das Plasmavolumen besser auf die Körperoberfläche und das relative Gewicht als auf die Körperlänge.

Enthält das Untersuchungsgut demnach eine größere Anzahl Übergewichtiger oder Untergewichtiger, so wird die Körperoberfläche oder das relative Gewicht als Bezugsgröße vorgeschlagen.

L I T E R A T U R - V E R Z E I C H N I S

1. ALLEN, T.H., PENG, M.T.,
CHEN, K.P., HUANG, T.F.,
CHANG, C. und FANG, H.S.: Prediction of blood volume and adiposity in man from body weight and cube of height. Metabolism 5, 328 (1956).
2. BECHGAARD, P.: One thousand hypertensive patient followed from 16-22 years. Acta med.scand.Suppl.312, 175 (1956).
3. BÖHLAU, V. und KNOBLOCH, H.: Blutmenge und Lebensalter. Z.Altersforschg.5, 302 (1951).
4. BÖRNER, W., BRACHARZ, H.,
und SCHRÖDER, J.: Über zirkulierendes Plasmavolumen Kreislaufzeit und Durchmischungsgeschwindigkeit von intravenös injiziertem J¹³¹-Serumalbumin bei gesunden alten Männern. Verh.dtsch.Ges.Kreisl.forschg. 24, 235 (1958).
5. BÖRNER, W., KOLB, J. und
SCHRÖDER, J.: Über die Bedeutung der Körperzusammensetzung für die Größe des zirkulierenden Blutvolumens. Verh.dtsch.Ges.Kreisl.forschg. 25, 316 (1959).
6. BÖRNER, W., KOLB, J.,
MOLL, E. und SCHRÖDER, J.: Über Beziehungen zwischen Fettanteil des Körpers, zirkulierendem Blutvolumen und venösem Hämatokrit. Klin.Wschr. 38, 21 (1960).
7. BROWN, E., HOPPER, J. und
WENNESLAND, R.: Blood volume and its regulation. Ann.Rev.Physiol.19, 231 (1957).
8. BROWN, G.E. und
ROWNTREE, L.: The volume and composition of the blood and the changes incident to diuresis in cases of edema. Arch.intern.Med. 35, 129 (1925).

9. COHN, J. und SHOCK, N.W.: Blood volume studies on middle aged and elderly males.
Zit.nach 4.Amer.J.Med.Sci.
217, 388 (1949).

10. CRANSTON, W.I. und BROWN, W.:
Diurnal variation in plasma volume in normal and hypertensive subjects.
Clin.Sci.25, 107 (1963).

11. DAVIS, E.:
Clinical method for measuring capillary blood pressure and its application in hypertension.
Arch.intern.Med.91, 715 (1953).

12. DEGWITZ, R., ZISSLER, J. und ZISSLER, R.:
Zur Bestimmung der aktiven Blutmenge am Menschen mit T1824 (Evans Blue).
Z.klin.Med. 148, 288 (1951).

13. DOCUMENTA GEIGY
1960, 588 (Basel)

14. EDWARDS, G. und WYTHE, H.M.: The relation of blood volume to body composition.
Clin.Sci.19, 399 (1960).

15. ELLIS, L.B. und WEISS, S.: The measurement of capillary pressure under natural conditions and after arteriolar dilatation; in normal subjects and in patients with arterial hypertension and with arteriosclerosis.
J.clin.Invest.8, 47 (1929).

16. FREINKEL, N., SCHREINER, G. und ATHENS, J.:
Simultaneous distribution of T-1824 and J¹³¹ labelled human serum albumin in man.
J.clin.Invest. 32, 138 (1953).

17. FRIEDBERG, C.K.: Erkrankungen des Herzens.
S. 1099 (1959),
Georg Thieme-Verlag, Stuttgart.

18. GIBSON, J.G. und EVANS, W.A.: Clinical studies of the
 blood volume. II. The
 relation of plasma and total
 blood volume to venous
 pressure, blood velocity
 rate, physical measurements,
 age and sex in ninety normal
 humans.
J. clin. Invest. 16, 317 (1937b).

19. GIBSON, J.G., PEACOCK, W.C., Circulating red cell volume
 SELIGMAN, A.M. und SACK, T.: measured simultaneously by
 the radioactive iron and
 dye methods.
J. clin. Invest. 25, 838 (1946).

20. GREGERSEN, M.I.: Blood volume,
 Ann. Rev. Physiol. 13, 397 (1951).

21. GREGERSEN, M.I., Blood volume.
 RAWSON, R.A.: Physiol. Rev. 39, 307 (1959).

22. GUTH, G. und ZORN, G.: Die Bedeutung der Plasma- und
 Blutvolumenbestimmung für die
 Operationsvorbereitung.
Z. Blatt Chir. 82, 296 (1957).

23. HEGGLIN, R., RÜTISHAUSER, W., Kreislaufdiagnostik mit der
 KAUFMANN, G., LÜTHY, E. und Farbstoffverdünnungsmethode.
 SCHEU, H.: Georg Thieme-Verlag.
 Stuttgart (1962).

24. HERBEUVAL, R., CUNY, G., Masse sanguine et liquides
 MANCIAUX, M. und STOICHEW, Y.: interstitiels dans
 l'hypertension artérielle.
 Facteurs de pronostic et
 influence thérapeutique.
Acta med. scand. 154, Suppl.
 312, 129 (1956).

25. HUFF, R.L.
und FELLER, D.D.: Relation of circulating red
cell volume to body density
and obesity.
J.clin.Invest.35, 1 (1956).
26. INKLEY, S.R., BROOKS, L.,
und KRIEGER, H.: A study of methods for the
prediction of plasma volume.
J.lab.Med.45, 841 (1955).
27. KEITH, N.M., ROWNTREE, L.G.
und GERAGHTY, J.T.: A method for the determination
of plasma and blood volume.
Arch.intern.Med.16, 547 (1915).
28. KEYS, A. und BROZEK, J.: Body fat in adult man.
Physiol.Rev.33, 245 (1953).
29. KINSMAN, J.M., MOORE, J.W.
und HAMILTON, W.F.: Studies of the circulation.
Amer.J.Physiol.89, 322 (1929).
30. KOLB, J.: Über das zirkulierende Plasma-
volumen bei über- und unterge-
wichtigen Männern.
Inaugural-Dissertation,
Würzburg (1959).
31. LINDEN, L.W.F.: Relation of blood volume to fat
content of the body and blood
volume deficits, in surgical
patients.
Ann.Chir.et Gyn.Penniae 44,
Suppl.7 (1955).
32. MATHER, K., BOWLER, R.G.,
CROOKE, A.C. und MORRIS,
C.J.O.R.: The precision of plasma volume
determinations by the Evans blue
method.
Brit.J.exp.Path.28, 12 (1947).

33. MERTZ, D.P.: Wasser- und Mineralhaushalt als pathogenetische Faktoren bei der essentiellen Hypertonie. Verh.d.Dt.Ges.f.Kreisl.forschg. 28.Tagung, 42 (1962).
34. MERTZ, D.P. und KEINE, H.: Über das Verhalten physiologisch aktiver extracellulärer Volumenphasen bei essentieller Hypertonie und den Mechanismus der antihypertensiven Wirkung einer Natriumrestriktion. Klin.Wschr. 39, 1123 (1961).
35. MÜLLER, A.: Zur Methodik der Blutmengenbestimmung mit Farbstoffen unter Berücksichtigung des Kongorotschwundes. Z.klin.Med. 155, 195 (1958).
36. NOWY, H.: Herzfunktionsprüfung mit der Farbstoffmethode. Mü.Med.Wschr. 99, 1494 (1957).
37. NOWY, H.; KIKODSE, K. und ZÖLLNER, N.: Über Bestimmungen des Herzminutenvolumens und zentralen Blutvolumens in Ruhe und bei körperlicher Arbeit mit Hilfe der Farbstoffmethode. Z.Kreisl.forschg. 46, 382 (1957).
38. von PORAT, B.: Blood volume determinations with the Evans blue dye method. An experimental and clinical investigation with special reference to the blood volume in pulmonary tuberculosis. Acta med.scand.Suppl. 256 (1951).

39. REEVE, E.B.: Method for estimating plasma and total red cell volume. Zit. nach 23.Nutr.Rev. 17, 811 (1948).
40. ROCHLIN, D.B., SHOHL, T. und BLAKEMORE, W.S.: Blood volume changes associated with essential hypertension. Surg.Gynec.Obstet. 111, 569 (1960).
41. SCHRÖDER, J., BÖRNER, W. und QUALO, R.: Über die Abhängigkeit der zirkulierenden Blutmenge von der Körperzusammensetzung. Z.Kreisl.forschg. 47, 714 (1958).
42. SCHULTZ, A., HAMMERSTEN, J., A critical comparison of the HELLER, B. und EBERT, R.: T-1824 dye and iodinated albumin methods for plasma volume measurement. J.clin.Invest. 32, 107 (1953).
43. SCHWIEGK, H. und RIECKER, G.: Pathophysiologie der Herzinsuffizienz. Handb.inn.Med. 9/1, 138 und 234 (1960).
44. SEYDERHELM, R. und LAMPE, W.: Die Blutmengenbestimmung und ihre klinische Bedeutung. Ergebn.inn.Med. 27, 245 (1925).
45. SHAPIRO, A.P. und GROLLMANN, A.: A critical evaluation of the hypotensive action of hydralazine, hexamethonium, tetraethylammonium and dibenzylamine salts in human and experimental hypertension. Circulation 8, 188 (1953).
46. SJÖSTRAND, T.: Volume and distribution of blood and their significance in regulating the circulation. Physiol.Rev. 33, 202 (1953).

47. SJÖSTRAND, T.: Blutverteilung und Regulation des Blutvolumens.
Klin.Wschr.34, 561 (1956).
48. WALKER, W.G., ROSS, R.S. und HAMMOND, J.D.: Study of the relationship between plasma volume and trans-capillary protein exchange using J^{131} -labeled albumin and J^{125} -labeled globulin.
Circulat.Res.8, 1028 (1960).
49. WARNER, G.F., DOBSON, E.L., RODGERS, C.E., JOHNSTON, M.E. und PACE, N.: Measurement of total "sodium space" and total body sodium in normal individuals and in patients with cardiac edema.
Circulation 5, 915 (1952).
50. WEBER, E.: Grundriss der biologischen Statistik.
S. 74, 241 und 269 (1964)
Gustav Fischer Jena.
51. WOLLHEIM, E.: Die Bestimmung der zirkulierenden Blutmenge.
Z.klin.Med.108, 463 (1928a).
52. WOLLHEIM, E.: Die zirkulierende Blutmenge und ihre Bedeutung für Kompensation und Dekompensation des Kreislaufes.
Z.klin.Med.116, 269 (1931).
53. WOLLHEIM, E., BECKER, G. und SCHNEIDER, K.W.: Die Bestimmung der aktiven Blutmenge mittels Evans Blue, radioaktivem P^{32} und Cr^{51} .
Klin.Wschr.36, 800 (1958).
54. WOLLHEIM, E. und MOELLER, J.: Hypertonie - Hypotonie.
Handb.inn.Med. 9/5, 1 (1960)

55. WOLLHEIM, E.:

Die essentielle Hypertonie
als nosologische Einheit.
Verh.d.Dt.Ges.für Kreisl.forschg.
28.Tagung, 59 (1962).

56. ZISSLER, J., ZISSLER, R.
und SCHNEIDER, K.W.:

Zur Bestimmung der aktiven
Blutmenge am Menschen mit
Trypanrot.
Z.klin.Med. 149, 445 (1952).

57. ZISSLER, J.:

Die aktive Blutmenge kompen-
sierter und dekompensierter
Patienten mit Kardiopathien
verschiedener Genese.
Arch.Kreisl.forschg. 35, 102 (1961)

An dieser Stelle möchte ich Herrn Professor Dr. NOWY
meinen aufrichtigen Dank aussprechen für die Überlassung
des Themas und für die Anregungen während der Durchfüh-
rung der Arbeit,

Herrn Dr. FRINGS danke ich für die Einarbeitung in den
experimentellen Teil der Arbeit.

LEBENS LAUF

Als Sohn des damaligen Hauptmannes
Dr.med.dent.Carl Neugirg und seiner Ehefrau Hertha
geb. Fischer, wurde ich, Robert Neugirg, am 7. November
1941 in Prien/Chiemsee geboren. Die Volksschule besuchte
ich von 1948 bis 1951 in Rimsting/Chiemsee. Ab September
1951 besuchte ich das humanistische Gymnasium in Rosen-
heim, wo ich 1960 die Reifeprüfung ablegte. Im Winter-
semester 1960/61 immatrikulierte ich mich an der Medi-
zinischen Fakultät der Universität München, wo ich im
Wintersemester 1962/63 das Physikum bestand. Die klinischen
Semester belegte ich ebenfalls an der Universität München.
Das medizinische Staatsexamen beendete ich am 27. FEB. 1967
mit Erfolg.

